



**PLANO DE ENSINO**

<b>Disciplina</b>	<b>169005 - METROLOGIA</b>
<b>Curso</b>	ENGENHARIA MECÂNICA
<b>Professor responsável</b>	Antonio Piratelli Filho
<b>Semestre</b>	1/2023
<b>Pré-requisitos</b>	<b>Estatística</b>
<b>Horário de aulas</b>	Aulas presenciais. Turma A terça-feira de 8:00h até 10:00h e quinta-feira de 8:00h até 10:00h Turma B terça-feira de 8:00h até 10:00h e quinta-feira de 10:00h até 12:00h
<b>Local</b>	Sala ENM, arquivos e avaliações no Moodle Aprender 3 e mensagens e reuniões no Teams.
<b>Atendimento aos alunos</b>	Atendimento após os horários das aulas, ou por e-mail ou pelo Teams
<b>Objetivos da Disciplina</b>	A disciplina envolve o aprendizado dos princípios básicos da realização das medições, como a descrição do princípio de funcionamento e a seleção dos instrumentos, a determinação dos erros e da incerteza de medição, o controle dimensional e geométrico e a avaliação das irregularidades microgeométricas das superfícies das peças mecânicas.
<b>Metodologia de Ensino</b>	O desenvolvimento do conteúdo será feito através de aulas expositivas teóricas e de aulas práticas em laboratório. Durante essas atividades, devem ser propostas a resolução de exercícios, o estudo de casos da literatura específica, a exemplificação da prática com atividades e vídeos. Devem ser utilizados recursos digitais de ensino, com a disponibilização de material para estudo remoto. <b>Controle de presença:</b> A presença será controlada através de chamada nas aulas presenciais e da participação nas atividades como testes e laboratórios durante o semestre. Cada item terá o mesmo peso e será necessário participar de pelo menos 75% das atividades para obter a aprovação por presença.
<b>Programa</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS Introdução à Metrologia. Evolução e história do desenvolvimento da área de Metrologia. Terminologia. Sistema internacional de unidades. Medição direta e indireta. Padrões e calibração: Blocos padrões.</li><li>2. SISTEMAS DE MEDIÇÃO Princípios de medição e construção dos instrumentos de medição. Escalas de medição de comprimentos e ângulos. Instrumentos convencionais e princípios de medição: Paquímetros, Micrômetros, Mesa seno e Goniômetro. Projetor de perfil e Microscópio de medição. Medição de outras grandezas: temperatura, pressão, massa, força, torque, vazão, vibração, som e eletricidade, Metrologia dinâmica: sistemas de medição de ordem zero, de 1.a e de 2.a ordem; calibração dinâmica e desempenho dos instrumentos.</li><li>3. ERROS E INCERTEZA DE MEDIÇÃO Erros de medição: sistemático, aleatório e histerese. Propagação de erros. Distribuições de probabilidade. Incerteza de medição: cálculo da incerteza padrão, padrão-combinada e expandida. Aplicação do método do GUM e GUM suplemento (Monte Carlo).</li><li>4. SISTEMA DE TOLERÂNCIAS E AJUSTES Intercambiabilidade e tolerâncias. Definições básicas, qualidade de fabricação e tolerâncias. Sistema de tolerâncias e ajustes. Ajustes com folga e interferência. Sistema eixo-base e furo-base. Calibradores: tampão, de anel, plano, de boca. Aplicações.</li><li>5. TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS Definição de tolerâncias geométricas e norma técnica brasileira. Desvios de forma: retilineidade, planeza, circularidade e cilindridade. Desvios de posição: paralelismo, perpendicularidade, inclinação, concentricidade e coaxialidade, simetria. Desvios de batimento. Técnicas e instrumentos de medição: Relógio comparador, Nível eletrônico, Autocolimador.</li><li>6. RUGOSIDADE Definição e princípio de medição da rugosidade superficial. Principais parâmetros usados para quantificar a rugosidade. Simbologia e aplicações. Instrumentos e técnicas de medição: Rugosímetros.</li><li>7. OUTROS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO Máquinas de Medição por Coordenadas: aplicações industriais, princípios e tipos construtivos, escalas de medição, erros e calibração.</li><li>8. CONTROLE DA QUALIDADE Controle por atributos e variáveis. Índice de capacidade de processo e amostragem. Testes de repetitividade e reprodutividade (R&amp;R). Aspectos da Metrologia na Indústria 4.0.</li></ol>

**ATIVIDADES:**

As atividades consistem em testes, relatórios e provas, com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento do aluno durante o semestre. Teremos uma média aritmética dos testes (MT), média aritmética dos relatórios (MR) e as notas das provas P1 e P2, compondo a média final (MF) através da equação:

$$MF = 0,6*(P1 + 2*P2)/3 + 0,2*MT + 0,2*MR$$

**Critério de Avaliação**

A menção de cada aluno será obtida convertendo a média final da seguinte forma

Média final:	9 a 10	7 a 8,9	5 a 6,9	3 a 4,9	0,1 a 2,9	0
Menção:	SS	MS	MM	MI	II	SR

A revisão das avaliações será realizada durante o horário de atendimento semanal.

**Calendário de Atividades**

<b>Tópico</b>	<b>Teoria - terças feiras</b>	<b>Laboratório/Testes - quintas-feiras</b>
1	Introdução - 28/03	Teste 1
2	Sistemas de medição	Teste 2
3	Erros de medição	(LAB 1) Paquímetro e Micrômetro Teste 3
4	Incerteza de medição	(LAB 2) Relógio Comparador e Goniômetro
5	Máquinas de Medir por Coordenadas (MMC)	(LAB 3) Projetor de Perfil e Microscópio de medição Teste 4
6	Medição de outras grandezas	(LAB 4) Máquinas de Medir por Coordenadas (MMC) Teste 5
7	Metrologia Dinâmica	Teste 6
8	<b>Prova 1 - 16/05</b>	
9	Tolerâncias e ajustes	Teste 7
10	Tolerâncias e ajustes	(LAB 5) Calibradores
11	Tolerâncias geométricas	<i>Feriado (08/06)</i>
12	Tolerâncias geométricas	(LAB 6) Circularidade e planeza Teste 8
13	Rugosidade superficial	(LAB 7) Coaxialidade e batimento
14	Controle da qualidade	(LAB 8) Rugosidade Teste 9
15	Metrologia 4.0	Teste 10
16	<b>Prova 2 - 11/07</b>	

**Bibliografia Recomendada**

- ARMANDO ALBERTAZZI G.JR. e SOUSA, A.R. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. São Paulo, Ed. Manole, 2008.
- AGOSTINHO, O.L., RODRIGUES, A.C.S. e LIRANI, J. Tolerâncias, desvios e análise de dimensões. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1977.
- ARENCIBIA, R.V., PIRATELLI-FILHO, A., LEAL, J.E.S. e ROSA, V.A.O. Incerteza de medição. Ed. Interciência, 2019. 262 p.
- GONZÁLEZ, C.G. e VÁZQUEZ, R.Z. Metrologia (básico). México, Ed. McGraw-Hill, 1999. 446 p.
- VÁZQUEZ, R.Z. e GONZÁLEZ, C.G. Metrologia Dimensional. México, Ed. McGraw-Hill, 1999. 510 p.
- NOVASKI, O. Introdução à Engenharia de Fabricação Mecânica. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1994.
- BOLTON, W. Instrumentação e Controle. São Paulo, Hemus Editora.
- BOSCH, J.A. Coordinate Measuring Machines and Systems. New York, Marcel Dekker Inc., 1995